Die Entwicklung der Sporogone von Andreaea und Sphagnum.

Von

Dr. Martin Waldner

in Innsbruck.

Mit vier Tafeln.

Leipzig.
Verlag von Arthur Felix.
1887.

Die Entwicklung der Sporogone von Andreaea und Sphagnum.

Von

Dr. Martin Waldner

in Innsbruck.

Mit vier Tafeln.

Leipzig.
Verlag von Arthur Felix.
1887.

Das Sporogon der Laubmoose war mehrfach schon Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchung. Nachdem von einigen älteren Forschern[1]) hauptsächlich der anatomische Bau der reifen Kapsel studirt worden war, unternahmen es andere, die entwicklungsgeschichtlichen Verhältnisse der Laubmoosfrucht zu erforschen. Zunächst müssen hier die Arbeiten Hofmeister's[2]) erwähnt werden, weil sie die ersten auf diesem Gebiete waren und anderseits auf eine bedeutende Anzahl von Gattungen und Arten der Mooswelt sich erstreckten.

Diesen folgten die Untersuchungen von N. J. C. Müller[3]) über die Kapsel von *Ephemerum* und die Arbeit von Emil Kühn[4]) über *Andreaea petrophila.* Letztere Arbeit ist insofern von Wichtigkeit, als Kühn in derselben zuerst uns auf die morphologische Wichtigkeit der ersten Theilungen im Laubmoos-Sporogone aufmerksam machte, indem er den innern Zellen-Complex als „Grundquadrat" bezeichnete; obwol er anderseits es unterliess, die verschiedenen Theile der Kapsel als: Columella, sporenbildende Schicht und Wandschicht mit diesem Grundquadrat in Beziehung zu bringen. Erst nachdem durch Kienitz-Gerloff[5]) und Leitgeb[6]) am Lebermoos-Sporogonium die

[1]) Die einschlägige Literatur findet sich bei Kienitz-Gerloff zusammengestellt: „Untersuchungen über die Entwicklungsgeschichte der Laubmooskapsel und die Embryo-Entwicklung einiger *Polypodiaceen*", Separatabdruck aus der Bot. Ztg. 1878.

[2]) Vergleichende Untersuchungen und zur Morphologie der Moose „im Berichte der kgl. sächs. Gesellschaft für Wissenschaften".

[3]) Jahrbücher f. w. Bot. Bd. VI. p. 237.

[4]) Zur Entwicklungsgeschichte der *Andreaeaceen,* Mittheilungen aus dem Gesammtgebiete der Botanik. Herausgegeben von Schenk und Luerssen. Bd. I p. 36 ff. Leipzig 1870.

[5]) Vergleichende Untersuchungen über die Entwicklungsgeschichte des Lebermoos-Sporogoniums. Bot. Ztg. 1874, No. 11—15 u. 1875, No. 48, 49.

[6]) Untersuchungen über die Lebermoose. Heft I u. II. Jena 1874 u. 1875.

morphologische Bedeutung und die Differenzirung der Kapsel in ihre Theile festgestellt worden waren, erst seit dieser Zeit hat man auch die Laubmooskapsel in dieser Hinsicht zu untersuchen begonnen.

Es folgten nun die Arbeiten Kienitz-Gerloff's[1]) über *Phascum cuspidatum, Ceratodon purpureus, Funarira hygrometrica* u. a. und die von F. Vouk[2]) über *Orthotrichum (Ephemerum* und *Polytrichum),* die in der oben erwähnten Richtung durchgeführt wurden. Ich übergehe es, hier die Resultate dieser Untersuchungen aufzuzählen, da sie ohnehin genugsam bekannt sind.

Bezüglich der beiden Gattungen *Andreaea* und *Sphagnum,* die überhaupt wegen mannigfacher Unterschiede gegenüber den eigentlichen *Bryinen* unter den Laubmoosen eine zweifelhafte Stellung hatten, schien eine Nachuntersuchung der Sporogon-Entwicklung insofern nicht ganz unnothwendig, als für *Andreaea* die Frage der morphologischen Werthigkeit der sporenbildenden Schichte durch die Untersuchungen Kühn's unbeantwortet geblieben war, andererseits für *Sphagnum* durch die Arbeit Schimper's[3]) weder über das Wachsthum des Sporogons, noch über die Differenzirung in seine Theile genügende Aufklärung gegeben wurde. Diese Lücken möglichst auszufüllen, ist der einzige Zweck vorliegender Abhandlung.

Andreaea.

Von vornherein handelte es sich für dieses Genus eigentlich nur um Beantwortung der von Kühn offen gelassenen Frage: Gehört die sporenbildende Schicht ihrer Anlage nach dem „Grundquadrate“ oder den „Wandschichten“ des Sporogons an? Während der Untersuchungen, die zur Beantwortung dieser Frage angestellt wurden, drängten sich auch noch ein paar andere Fragen auf: Wie viele Segmente bildet der Embryo und

---

[1]) Untersuchungen über die Entwicklungsgeschichte der Laubmooskapsel etc. Separatabdruck der Bot. Ztg. 1878.

[2]) Die Entwicklungsgeschichte des Sporogons von *Orthotrichum.* LXXIII. Bd. d. k. Akad. d. Wiss. in Wien, I. Abth., Mai-Heft 1876.

[3]) Versuch einer Entwicklungsgeschichte der Torfmoose p. 51 ff.

zweitens: Wie viele werden hiervon für den Sporenraum verwendet? Alle diese Fragen hoffe ich im Folgenden beantworten zu können.

Als Untersuchungsobjekte benutzte ich die beiden Arten *Andreaea petrophila Ehrh.* und *Andr. crassinervia Brch.;* beide zeigten in der Entwicklungsgeschichte ihrer Sporogone vollkommene Uebereinstimmung.

Die befruchtete Eizelle theilt sich ausnahmslos zuerst durch eine zur Archegoniumachse senkrecht gestellte Wand (Querwand) in nahezu zwei gleiche Hälften, eine obere und eine untere Zelle. (Diese Wand ist in den Figuren 1—6, Tafel I deutlich erkennbar und in der Zeichnung etwas stärker gehalten.) In der basalen Zelle erfolgen überhaupt nur mehr wenige Theilungen und auch in diesen lässt sich eine bestimmte Gesetzmässigkeit nicht erkennen (Fig. 1—5, Taf. I); die Zellen dieser basalen Hälfte der Embryoanlage wölben sich bald halbkugelig vor (Taf. I, Fig. 7, 8, 9, 19) und werden mit zur Fussbildung des Sporogons einbezogen. Die obere Zelle des zweigetheilten Embryo ist die eigentliche Kapselanlage. In ihr treten zuerst abwechselnd nach rechts und links geneigte, schiefe Wände auf; es werden dadurch zwei Reihen von Segmenten gebildet (vergl. Taf. I, sämmtliche Längsschnitte; die aufeinanderfolgenden Segmente sind durch die Zahlen bezeichnet). Die Zickzacklinie, die in der Mitte eines jeden Längsschnittes des Sporogons sichtbar ist, entsteht durch die aufeinanderfolgenden Durchschnitte der steilabfallenden Theile der Segmentwände. Die Zahl der auf diese Weise gebildeten Segmente ist indessen keine unbegrenzte, vielmehr schwankt sie innerhalb ziemlich enger Grenzen. An den vielen Objekten, die mir zu Gesicht gekommen sind, konnte ich nie mehr als 13 und nie weniger als 11 Segmente zählen (selbstverständlich können hier nur solche Sporogone in Betracht gezogen werden, bei denen das Spitzenwachsthum bereits beendet war).

Auch die weiter folgenden Theilungen in jedem Segmente gehen mit grosser Regelmässigkeit vor sich. Zum leichteren Verständnisse ist es nothwendig, mit der Längsansicht stets die Querschnitte desselben Entwicklungsstadiums zu vergleichen. In jedem Segmente tritt nun eine radiale Längswand auf, die

1*

auf der Segmentwand senkrecht steht und auf der Mitte derselben sich ansetzt. Der Querschnitt eines Embryo in diesem Entwicklungsstadium zeigt die Kreuz- oder Quadrantentheilung (Taf. I, Fig. 10, ss = Segmentwand, rr = radiale Längswände). In jedem Quadranten folgt nun eine zu einer der beiden Hauptebenen parallele Wand, die in der Mitte der andern senkrecht sich ansetzend in sanftem Bogen die freie Aussenwand erreicht (Taf. I, Fig. 11, 12, 13, aa). Jeder Quadrant zerfällt hierdurch in zwei Zellen, in eine mit drei- und eine mit vierseitiger Grundfläche; in jeder der letztern wird durch eine tangentiale Wand (Taf. I, Fig. 12, 13, 14, b) eine Innen- und eine Aussenzelle abgeschieden. Die so gebildeten vier Innenzellen zusammen bilden das „Grundquadrat" Kühn's (Taf. I, Fig. 12, 13, gq), während die umgebende, periphere Zellschicht die erste Anlage der Sporogonwandung darstellt. Auch in der peripheren Zelle mit dreiseitiger Grundfläche folgt zunächst eine radiale Längswand (c); die Zahl der das Grundquadrat umgebenden Zellen beträgt somit 12. Die weiteren Theilungen zunächst in der Wandschichte verlaufen in ganz bestimmter Weise; es wechseln fortwährend radiale mit tangentialen Wänden ab, bis die normale Dicke der Wand des Sporogons (6 bis 7 Zellschichten) erreicht ist. Auch die Theilungen im Grundquadrate folgen genau der früheren Norm.

Durch ganz denselben Theilungsmodus, durch welchen von den vier Quadranten das Grundquadrat abgeschieden wurde, erfolgt nun auch in diesem abermals die Abscheidung eines kleineren, aus vier zentral gelegenen Zellen bestehenden Quadrates, des „Columellaquadrates" (Taf. I, Fig. 15 u. 16, cq); die dasselbe zunächst umgebende Zellschicht ist die erste Anlage der sporenbildenden Schicht (spr).

Obwol in allen Segmenten die Reihenfolge der Theilungswände dieselbe ist, wie sie oben beschrieben wurde, so ist doch die Raschheit der Theilungen nicht in jedem Segmente die gleiche. Querschnitte aus verschiedener Höhe desselben Sporogons geben daher Bilder, die sich nicht decken. Der Grund hierfür ist folgender.

Schon an sehr jungen Sporogonen, die kaum über 0,1 mm Länge haben, beobachtet man eine durch ihren Reichthum an

körnigem und fettreichem Protoplasma von den übrigen Zellschichten des Sporogons sich scharf abhebende Schicht, und diese macht sich zuerst im dritten Segmente bemerkbar, es ist die Anlage der sporenbildenden Schicht. Hier und in den zwei oder drei noch folgenden Segmenten geht die Zelltheilung am raschesten vor sich. Von den neun bis dreizehn Segmenten eines Sporogons, womit das Scheitelwachsthum abgeschlossen ist, werden eben nur höchstens vier zur Sporenbildung verwendet; während die beiden ersten Segmente mit dem basalen Theile des Embryo den Fuss des Sporogons bilden, werden die übrigen, scheitelwärts gelegenen zur sterilen Spitze desselben. Eben der Umstand, dass die sporenbildende Schicht schon sehr frühzeitig als solche mit Sicherheit zu erkennen ist, ermöglicht es, über ihre morphologische Werthigkeit sichere Angaben zu bringen. Die weitere Entwicklung der sporenbildenden Schicht, des Sporensackes, der Columella, der Wand des Sporogons glaube ich nicht weiter erörtern zu müssen, da dieselbe einerseits aus den beigefügten Zeichnungen leicht zu entnehmen ist, anderseits durch die Untersuchung Kühn's und Kienitz-Gerloff's[1]) genugsam bekannt ist.

Andreaea schliesst sich somit bezüglich des Spitzenwachsthums des Embryo sowohl, als auch der Zugehörigkeit der sporenbildenden Schichte zum Grundquadrate vollkommen den übrigen Laubmoosen an.

Mit wenigen Worten möchte ich noch eines abnorm entwickelten Embryo Erwähnung thun, den ich einmal fand und den ich auch auf Taf. I, Fig. 19 a und 19 b abgezeichnet habe.

Anfänglich glaubte ich mit der Anlage einer jungen Doppelkapsel zu thun zu haben, die genauere Untersuchung ergab jedoch, dass nur die eine Segmentreihe auf Kosten der andern in ihrem Wachsthum bedeutend vorausgeschritten war und dass auch höchst wahrscheinlich die Sporen, wenn es zur Bildung derselben gekommen wäre, zum grössten Theile von der ungleich stärker entwickelten linken Hälfte sich entwickelt hätten.

---

[1]) l. c.

Sphagnum.

(Hierzu Tafel II, III und IV.)

Durch die Untersuchungen Schimper's[1]) weiss man über die Entwicklung des Sporogons dieses Mooses ungefähr Folgendes: „Von dem Augenblicke an, wo die Keimzelle infolge der Befruchtung zum Embryo geworden, beginnt die Theilung ihres Innern, und infolge derselben eine lebhafte Zellenvermehrung nach allen Richtungen. Die erste Theilung geschieht durch beinahe horizontale Wände, welchen schnell schief geneigte, und dann wieder radiale, vertikale und horizontale folgen, sodass nach kurzer Zeit die anfänglich einfache Zelle zu einem vielzelligen, schwammigen, mit schleimiger Flüssigkeit und ziemlich zahlreichen, grünen, amorphen Körperchen angefüllten, langbirnförmigen und endlich oblongen Körper umgewandelt erscheint.“

Schimper behauptet ferner, dass der obere, im Archegoniumbauche befindliche Theil der jungen Fruchtanlage sich auflöse und resorbirt werde und dass nur der untere Theil derselben allein noch einer Weiterentwicklung fähig sei. Ferner führt er an, dass der Embryo bei seiner Weiterentwicklung aus dem Archegon in den Fuss desselben sich einbohre, diesen durchbräche und so in das Innere des Fruchtbodens gelange.

Hier dehne sich der Fuss des Embryo bedeutend in die Breite; infolge raschen Wachsthums würde der Embryo im Fusse des Archegons zu einem halbkugeligen Körper, dem das äusserlich vollkommen erhaltene Archegonium mit seinem leergewordenen Bauchtheile aufsitze. Weiter ist bekannt, dass die Columella von der sporenbildenden Schicht glockenförmig überwölbt wird und dass häufig zweierlei Sporen, grössere und kleinere, in der Kapsel vorkommen, welch' letztere aus den ersteren durch fortgesetzte Theilung derselben entstehen sollten. Die Emporhebung der Kapsel über die Perichätialblätter erfolgt durch Bildung eines Pseudopodiums, wie bei *Andreaea*.

Meine Untersuchungen wurden durchweg an frischem Material angestellt, das mir in reichlichstem Masse zur Verfügung stand. Ich habe mir im vorhinein zur Aufgabe gestellt,

---

[1]) l. c.

die obschwebenden Fragen durch genaue Verfolgung der Entwicklungsgeschichte des Sporogons zu beantworten, zumal ich diesen Weg für den einzig richtigen halte.

Die Fruchtreife aller unserer einheimischen *Sphagnaceen*-arten fällt in die Zeit von Juli bis September; einige fruktifiziren in manchen Jahren überhaupt nur sehr spärlich oder auch gar nicht. Ich merkte mir nun eine Stelle genau, wo ich im Herbste *Sphagnaceen*, insbesondere *Sph. acutifolium Ehrh.* massenhaft fruktifizirend gefunden hatte, um im nächsten Frühjahre voraussichtlich hinlänglich brauchbares Material für meine Untersuchungen zu finden.

Meine Erwartungen in dieser Hinsicht wurden auch nicht getäuscht. Als ich anfangs Februar nächsten Jahres mich an jene Stelle hinbegab in der Absicht, einige Pflänzchen zu holen, um nachzusehen, wie weit die Geschlechtsorgane in ihrer Entwicklung bereits vorgeschritten seien, bemerkte ich zu meinem Erstaunen, dass an den unter einer noch bedeutenden Schneedecke gelegenen Pflänzchen Archegonien und Antheridien bereits reif waren, die aus den künstlich aufgerissenen Antheridien hervorquellenden Spermatozoiden bereits lebhafte Bewegung zeigten. Ende desselben Monats von derselben Stelle geholtes Material ergab bei der Untersuchung nicht nur befruchtete Eizellen, sondern auch wenigzellige Embryonen in Hülle und Fülle. Seit dieser Zeit wurde in kurzen Zwischenräumen von derselben Stelle frisches Material zur Untersuchung geholt, und so wurde es mir ermöglicht, die Arbeit, wie ich hoffe, lückenlos durchzuführen und eine bedeuteude Anzahl von Zeichnungen der verschiedensten Entwicklungsstadien derselben beizugeben.

Bevor ich mich in's nähere Detail über die Sporogonentwicklung einlasse, möchte ich etwas vorausschicken, was gewiss den Physiologen wenigstens von Interesse sein dürfte. Wenn man befruchtungsreife Archegonien oder solche mit bereits stattgehabter Befruchtung und mehrzelligen Embryonen unter dem Präparirmikroskope vorsichtig von unten nach oben auseinanderreisst, so gelingt es nicht selten, dass die befruchtete Eizelle oder der bereits mehrzellige Embryo aus dem Archegonbauche herausfällt. Man findet dann, wenn die Präparation gut gelang, fast immer, dass die Eizelle sowol, wie der bereits

mehrgetheilte Embryo, entweder ganz von einer koagulirten, hyalinen, das Licht gleichmässig brechenden Schleimmasse umgeben ist (Taf. II, Fig. 2 und 3), oder dass besagte Schleimmasse dem Embryo wenigstens haubenförmig aufsitzt (Taf. II, Fig. 6; Taf. III, Fig. 26 u. 37). Man erkennt diese Schleimmasse auch im Archegonium selbst am optischen Längsschnitte (Taf. II, Fig. 1 und Taf. III, Fig. 26). Wenn ein mit dieser Schleimmasse versehener Embryo freipräparirt unmittelbar in destillirtes Wasser gelegt wird, so verflüssigt sich dieselbe sehr bald, sodass sie mit den stärksten optischen Hilfsmitteln nicht mehr zu erkennen ist. Bei Anwendung von kaustischen Alkalien und Alkohol wird sie schaumig-körnig, welche Erscheinung aber nach kurzer Zeit wieder verschwindet. Bei Einwirkung von wässeriger Jodlösung unter Vorhandensein einer Säure färbt sich diese Masse schwach gelb. Sehr häufig fand ich in dieser Schleimmasse auch Spermatozoiden in der Ein- oder Mehrzahl (Taf. II, Fig. 2—5). Ganz ähnliche Befunde ergab die Untersuchung der aus den Archegonien herauspräparirten Embryonen von *Andreaea*. Sehr häufig findet man bei gelungener Präparation, dass diese Schleimmasse in einen kürzeren oder längeren Fortsatz ausläuft, und an diesem Fortsatze quer vorspringende Spitzchen (Taf. II, Fig. 6) oder Buckel, ja sogar Andeutungen von Querwänden (Taf. II, Fig. 5) sichtbar sind. Manchmal freilich passirt es, dass einem bei der Präparation der Embryo aus der ihn umhüllenden Schleimmasse herausfällt, man erhält dann Bilder, wie sie auf Taf. II, Fig. 4 und 5 gezeichnet sind. Wie vielfältige und genaue Messungen ergeben haben, ragt der Fortsatz dieser Schleimmasse in den Hals des Archegons nur soweit hinein, als er nicht gebräunt ist. Zur Ermöglichung des Eintrittes der Spermatozoiden zur Eizelle im Bauchtheile des Archegons ist es nothwendig, dass die Centralkanalzellen des Halses, sowie die Bauchkanalzelle gelöst werden müssen; daher offenbar rührt diese Schleimschicht. Ich habe das spontane Oeffnen eines Archegons nie beobachten können, ich kann darum auch nicht angeben, wie viel von jenen verflüssigten Zellschichten als Schleim ausgestossen wird, nach den oben angegebenen Messungen der Länge des Fortsatzes jener Schleimhülle glaube ich annehmen zu dürfen, dass hiezu nur der aus dem oberen

Halstheile verwendet wird und dass die im Archegon zurückbleibende Schleimmasse den zur Eizelle eintretenden Spermatozoiden als Vehikel dient, ja vielleicht hierdurch die Befruchtung überhaupt ermöglicht wird.

Interessant sind auch die Vorgänge, die man nach der Befruchtung der Eizelle und dem weitern Heranwachsen des Embryo im Fusse des Archegons beobachtet. Daselbst hat eine lebhafte Zellvermehrung nach allen Richtungen stattgefunden. Offenbar steht diese Zellvermehrung mit der Befruchtung der Eizelle und mit dem Wachsthum des Embryo in kausalem Zusammenhange. Es muss in der Nähe des Embryo eine Art Vorrathskammer angelegt werden, aus welcher das heranwachsende Sporogon seinen Baustoff bezieht. Je mehr der Fuss des Sporogons in die Breite wächst und sich rundet, in dem Masse sieht man auch die zunächst liegenden Zellen des Archegonfusses resorbirt werden. Man findet bei der Präparation den Fusstheil des Sporogons stets von einer körnigen Schleimmasse und Zelltrümmern umgeben; in diese Schleimmasse ragen die halbkugelig sich verwölbenden Aussenzellen des Fusses hinein. Diese Schleimmasse ist morphologisch wie physiologisch von jener verschieden, die die Eizelle und das junge Sporogon an der Spitze haubenförmig umgibt. Während jene in den Hals des Archegons hineinragende Schleimmasse ein Vehikel für die Spermatozoiden sein soll, hat diese körnige, durch Auflösen der Zellen des Archegonfusses hervorgegangene Schleimmasse die Bedeutung des Nährstoffes für das heranwachsende Sporogon. Auf diese Weise verschwindet das Gewebe des Archegonfusses mehr und mehr; das Sporogon senkt sich immer tiefer, bis es, den Archegonfuss vollkommen durchbrechend, mit seinem kuchenförmig geformten Fusse im Fruchtboden endlich sich festsetzt.

Diese wenigen Andeutungen mögen genügen, um künftige Forscher auf diesen Gegenstand aufmerksam zu machen; ich kehre nun zur Beschreibung der Weiterentwicklung der befruchteten Eizelle zurück.

Die Eizelle im Bauchtheile des befruchtungsreifen Archegoniums ist ovoidisch oder umgekehrt birnförmig gestaltet; sie zeigt deutlich einen Kern mit Kernkörperchen (Taf. II, Fig. 1). Der Bauchtheil des Archegons ist schon vor der Befruchtung

mehrschichtig. Die befruchtete Eizelle theilt sich ausnahmslos zuerst durch eine zur Archegoniumachse senkrechte Wand (Querwand) in zwei Zellen, in eine basale und eine apicale Hälfte. Die apicale Zelle der zweigetheilten Eizelle kommt bezüglich der weiteren Entwicklung des Embryo hauptsächlich in Betracht. Ich habe nicht selten zweizellige Embryonen gesehen, an denen die obere, apicale Zelle inhaltsleer, zusammengefaltet war, ähnliche Befunde auch an älteren Embryonen beobachtet, zweifle aber keinen Augenblick, dass so gestaltete Embryonen im Absterben begriffen waren und erkläre mir daher die Angabe Schimper's, dass „der obere im Archegonbauche befindliche Theil der Fruchtanlage sich auflöse und resorbirt werde" einfach dadurch, dass er bei seiner Untersuchung eben solche im Absterben begriffene Embryonen zu Gesicht bekommen hat und dadurch sich seine Meinung bildete.

Es wäre übrigens nicht ganz unmöglich, dass Schimper jene von mir oben besprochene, den jungen Embryo einhüllende, oder demselben wenigstens haubenförmig aufsitzende Schleimmasse gesehen hat und daher von einer „Auflösung und Resorbirung der im Archegoniumbauche befindlichen Embryo-Anlage" sprechen konnte. Viel wahrscheinlicher aber ist, dass Schimper eben nur abgestorbene Embryonen vor sich hatte, die ihn zu obigem Ausspruche veranlassten, wenn man bedenkt, wie gross die Zahl der in einem weiblichen Köpfchen vorhandenen befruchteten und embryohaltigen Archegone ist, gegenüber der Zahl der später an demselben sich vorfindenden reifen Kapseln. Allem Organischen ist ein gewisses Ziel gesetzt, das durch den Kampf um's Dasein regulirt wird. „Viele sind berufen, wenige aber auserwählt".

Die Basalzelle (b) des zweizelligen Embryo erfährt nur mehr wenige Theilungen: entweder wird sie durch eine schiefe Längswand getheilt, worauf in jeder Hälfte Querwände folgen, oder es tritt zuerst eine Querwand auf, der dann ein paar Längswände folgen (Taf. II, Fig. 18). Der ganze Basaltheil (b) hat für die weitere Entwicklung des Sporogons überhaupt wenig oder gar keinen Werth und geht meistens schon frühzeitig zu Grunde.

Die apicale, archegonwärts gekehrte Hälfte des zweigetheilten Embryo, die eigentliche Anlage des zukünftigen Sporogons, vollführt

nun folgende Theilungen: Das Spitzenwachsthum des jungen Embryo erfolgt durch in acropetaler Folge sich wiederholende Querwände (Taf. II, Fig. 25); die Zahl der hierdurch gebildeten Stockwerke ist eine geringe, sechs bis acht, zumeist sieben; hiemit ist das Spitzenwachsthum auch beendet. In jedem Stockwerke, von unten nach oben fortschreitend, beginnt nun die weitere Differenzirung des Embryo in der Weise, dass zunächst jede durch das Spitzenwachsthum mittelst Querwände gebildete Querscheibe durch zwei aufeinander senkrechte Theilungen in vier Quadranten zerfällt (Taf. II, Fig. 12); diese Hauptwände (hh) zweier unmittelbar übereinander liegender Stockwerke kreuzen sich unter einem Winkel von 45° (Taf. II, Fig. 15). In jedem hierdurch gebildeten Quadranten erfolgt nun die Theilung in eine Innen- und Aussenzelle entweder durch zwei Theilungsschritte, wie bei den meisten Laubmoosen, nämlich dadurch, dass erst eine zu einer der beiden Hauptwände parallel verlaufende, in der Mitte der anderen sich senkrecht ansetzende und in sanftem Bogen die freie Aussenwand erreichende Längswand (Taf. II, Fig. 14, aa) auftritt, der dann sofort eine radiale Wand (b) folgt, oder die Abscheidung der Innen- und Aussenzellen jedes Quadranten erfolgt durch einen Theilungsschritt, durch eine tangentiale Wand (Taf. II, Fig. 14, p) wie bei *Ephemerum* (Vouk).

Die so gebildeten vier Innenzellen zusammen bilden das „Grundquadrat“ (gq) Kühn's, die dasselbe umgebende Zellschicht, die ihre Zellenzahl vorerst durch radiale Wände vermehrt, ist die Wandschicht des Sporogons. Diese wird nun alsbald durch Auftreten von tangentialen Wänden in zwei Zellschichten gespalten (Taf. III, Fig. 28 u. 29). Die innere, das Grundquadrat zunächst umgebende Zellschicht zeichnet sich schon frühzeitig von der peripherischen Schicht sowol, wie von dem Grundquadrate dadurch aus, dass in derselben eine reichliche Menge körnigen und fettreichen Protoplasmas angesammelt wird und auch Chlorophyllkörner auftreten, dadurch ist es möglich, diese Schicht selbst an sehr jungen Sporogonen zu erkennen: es ist die Anlage der „sporenbildenden Schicht“. Die weitere Ausbildung im Sporogone betrifft zunächst nur die peripherische Schicht, die zur Kapselwand wird und das Grundquadrat, das zur Columella wird. In der pheripheren Schicht, der Kapselwand,

folgen nun abwechselnd radiale und tangentiale Theilungen, hiedurch wird ihre Schichtenzahl solange vermehrt, bis sie ihre definitive Dicke (sechs bis sieben Zellschichten) erreicht hat (Taf. III, Fig. 31 bis 38). Auch im Grundquadrate, der zukünftigen Columella, erfolgen die weiteren Theilungen anfänglich wenigstens nach demselben Typus, wie dasselbe ursprünglich von den Quadranten abgeschnürt wurde (Taf. III, Fig. 31 u. 33), bald aber ist eine bestimmte Regelmässigkeit in der Aufeinanderfolge der Wände nicht mehr zu erkennen; die Zellen der Columella theilen sich nach allen Richtungen des Raumes; sie stellt daher ein aus polyedrischen Zellen gebildetes Parenchym dar (Taf. IV, Fig. 42), das an den Ecken zahlreiche kleine Intercellularräume besitzt, aber selbst in erwachsenen Sporogonen nur vereinzelte Chlorophyllkörner aufweist. In der der sporenbildenden Schicht zunächst gelegenen Schicht der Columella bemerkt man schon zu einer Zeit, wo die sporenbildende Schicht nur eine Zellschicht stark ist, durch tangentiale Theilungswände eine schmale Zellschicht sich abspalten, die durch radiale Wände ihre Zellenzahl vervielfacht, deren Zellen ebenfalls mit feinkörnigen Protoplasma erfüllt sind und Chlorophyllkörnchen führen, es ist der „innere Sporensack“ der Autoren. Ganz dasselbe geschieht in der innersten Schicht der Kapselwand bei Bildung des „äusseren Sporensackes“ (Taf. III, Fig. 36 u. 38).

Die sporenbildende Schicht, die wir in der Beschreibung als einschichtige Anlage verlassen haben, theilt sich zunächst ebenfalls durch tangentiale Wände und wird hiedurch zweischichtig (Taf. III, Fig. 38). In jeder der beiden Schichten treten weitere radiale Theilungen auf, denen abermals tangentiale folgen, bis sie vierschichtig geworden ist; es sind dies die Sporenmutterzellen (Taf. IV, Fig. 39, spmz). In diesem Stadium sind dieselben fast kubisch und dicht mit grüngefärbtem Inhalte erfüllt.

In einem etwas späteren Stadium isoliren sich die Sporenmutterzellen, runden sich mehr weniger ab und alsbald beginnt in ihnen die Theilung in Sporen entweder durch Tetraëder- oder durch Kugelquadrantentheilung; beides kommt gleich häufig vor. Wenn man zu einer Zeit, wo die Membran der Sporenmutterzelle sich auflöst und die Sporentetraden zerfallen, Chlorzinkjod auf dieselben einwirken lässt, so färbt sich die Sporenhaut bereits

blau. Eine weitere Theilung in den isolirten Sporen konnte ich niemals finden, ebensowenig als ich bei der Untersuchung der Sporen zahlreicher vollständig reifer Kapseln je zweierlei Sporen finden konnte.

Nur die drei letzten Stockwerke (inclusive der Scheitelzelle) des Sporogons werden zur Sporenbildung verwendet, während die drei unteren Stockwerke mit dem Basaltheil den Fuss der Kapsel bilden. Schon in einem frühen Stadium, wo die Anlage der sporenbildenden Schicht noch eine einzige Zellschicht darstellt, beginnt im Fusstheile lebhafte Zellenvermehrung, er wird kuchenförmig, die Zellen am Grunde des Fusses wölben sich halbkugelig vor.

Das Ergrünen des Sporogons erfolgt nicht sehr früh. Erst nachdem das Spitzenwachsthum längst vollendet und die Kapselwand bereits zweischichtig geworden ist, bemerkt man eine leichte Grünfärbung jenes Theils des Sporogons, der zum eigenlichen Sporenraume wird. Der Fuss, die kegelförmige Columella und die Kapselwand besitzen selbst an halberwachsenen Kapseln nur vereinzelte Chlorophyllkörner. Das sattgrüne Ansehen einer halbreifen Kapsel bei auffallendem Lichte rührt vom intensiv grün gefärbten Sporenraume her.

Das Oeffnen der Kapsel geschieht bekanntlich durch Abwerfen eines Deckels. Die Vorbereitung dazu wird schon in einem frühen Entwicklungsstadium getroffen. Im oberen Drittheil des Sporogons, offenbar dem letzten Stockwerke angehörig, bemerkt man nämlich schon zu einer Zeit, wo man die Anlage der sporenbildenden Schicht durch ihr lebhaftes Grün erkennt, eine rinnenförmige Einschnürung in der Kapselwand (Taf. IV, Fig. 42 u. 43, ei), dadurch hervorgerufen, dass an dieser Stelle die Epidermiszellen sowol, wie die tiefer gelegenen Zellen der Kapselwand eine geringere radiale Tiefe besitzen, dünnwandig bleiben, bald inhaltsleer werden und sich früh schon bräunen; die übrigen Epidermiszellen der Kapselwand dagegen entwickeln sich viel stärker, zeigen insbesondere in den Ecken kallöse Verdickung (Collenchym) und besitzen wenn auch wenige wandständige Chlorophyllkörner. An dieser rinnenförmigen Einschnürung reisst die Kapselwand bei angebrachtem leichten Drucke ringsum ab, der Deckel fällt ab.

An der Epidermis der Kapselwand sieht man schon an halbreifen Sporogonen zahlreiche Spaltöffnungen; wenigstens müssen sie infolge der halbmondförmigen Gestalt der Schliesszellen als solche angesprochen werden, obwol sie dem gewöhnlichen Begriffe einer Spaltöffnung nicht entsprechen. Die Schliesszellen besitzen nämlich, sowol von der Fläche gesehen, als im Querschnitte, keine Chlorophyllkörner, es ist auch keine Athemhöhle vorhanden und überhaupt auch selten einen Porus (Taf. IV, Fig. 40 u. 41). Untersucht man ganz reife Kapseln in dieser Hinsicht, so gewahrt man wol häufig, dass die freie Aussenwand der Schliesszellen durchlöchert ist; ein die ganze Scheidewand durchsetzender Porus ist, wie bemerkt, nur selten auffindbar.

Die Resultate[1]) vorliegender Abhandlung kurz zusammengefasst, sind folgende:

Andreaea.

1. Die Zahl der durch Spitzenwachsthum mittels zweischneidiger Scheitelzelle gebildeten Segmente ist eine innerhalb enger Grenzen variirende, 11 bis 13.

2. Die Anlage der Sporenschicht beginnt im drittältesten Segmente und es werden hierzu überhaupt nicht mehr als drei (höchstens vier) Segmente verwendet.

Die zwei ältesten Segmente bilden mit dem Basaltheile der Fruchtanlage den Fuss des Sporogons, die übrigen (6 bis 8) die sterile Spitze der Kapsel.

3. Die Sporenschicht gehört dem „Grundquadrate“ („Endothecium“ Kienitz-Gerloff) an und wird von demselben durch die erste Tangentialtheilung abgeschieden.

4. Der äussere und innere Sporensack entstehen durch secundäre Theilungen in der Kapselwand, resp. der Columella.

Sphagnum.

1. Die befruchtete Eizelle theilt sich durch eine Querwand in zwei Hälften; in der unteren, basalen Hälfte treten nur mehr wenige und unregelmässige Theilungen auf, die obere ist die eigentliche Anlage des Sporogons.

---

[1]) Wurden bereits in No. 37 der Bot. Zeitung vom Jahre 1879 publizirt.

2. Das Spitzenwachsthum geschieht durch Querwände; die Zahl der hierdurch gebildeten Querscheiben ist eine geringe, 6 bis 8; das ganze übrige Längenwachsthum des Sporogons wird durch intercalare Theilungen innerhalb der Stockwerke vermittelt.

3. Jedes Stockwerk (einschliesslich der Scheitelzelle) zerfällt, vom ältesten bis zum jüngsten fortschreitend, durch Kreuztheilung in vier Quadranten; die Theilungslinien zweier unmittelbar übereinanderliegender Stockwerke schneiden sich unter Winkeln von 45°.

4. In jedem Quadranten erfolgt die Sonderung in Innen- und Aussenzellen („Grundquadrat" und „peripherische Wandschicht" Kühn) entweder durch zwei Theilungsschritte, wie bei den meisten Laubmoosen, oder durch einen, wie bei *Ephemerum* (Vouk.).

5. Die Innenzellen (das Grundquadrat Kühn's) sind die Anlage der Columella, die Aussenzellen (die peripherischen, das Grundquadrat umgebenden) bilden die Sporenschicht und die Kapselwand.

6. Die Abscheidung der Sporenschicht von der Wandschicht geschieht durch die erste Tangentialtheilung in derselben.

7. Der äussere und innere Sporensack bilden sich durch secundäre Theilung aus der Kapselwand, resp. der Columella.

8. In die Sporenbildung werden nur die drei obersten Stockwerke (einschliesslich der Scheitelzelle) einbezogen, während die übrigen mit dem basalen Theile der Fruchtanlage den bulbösen Fuss und den Hals des Sporogons bilden.

9. In den reifen Kapseln aller von mir untersuchten Arten als: *Sphagnum acutifolium Ehrh., cuspidatum Ehrh., cuspidatum* var. *plumosum, rigidum Schimper* waren stets nur einerlei Sporen vorhanden.

10. Bei *Andreaea* wie bei *Sphagnum* sind die befruchtete Eizelle sowol, wie ziemlich weit fortgeschrittene Embryonen stets von einer hyalinen, coagulirten Schleimmasse umgeben, die Protein-Reaktion zeigt und in einen Fortsatz ausgezogen ist, der in den Archegonienhals so weit hineinreicht, als derselbe nicht gebräunt erscheint; ein oder mehrere Spermatozoiden finden sich stets in dieser Schleimmasse eingebettet.

Erklärung der Tafeln.

Sämmtliche Figuren (mit Ausnahme der Fig. 25, Taf. II) wurden mit Hilfe der Camera lucida entworfen und bei nebenstehender Vergrösserung gezeichnet. Die Richtigkeit der hier gegebenen Abbildungen wurde überdies durch genaue Prüfung der diesen Zeichnungen zu Grunde gelegenen Objekte mit „Gundlach" Immersion No. 7 sorgfältigst kontrolirt. — In allen Figuren bedeutet pbl = Perichätialblätter, gq = Grundquadrat, cq = Columellaquadrat, spr = sporenbildende Schicht, asps = äusserer Sporensack, isps = innerer Sporensack, col = Columella, spmz = Sporenmutterzellen, sps = Sporensack.

Tafel I.

Andreaea.

Fig. 1a (400). Junges freipräparirtes Sporogon von *Andreaea crassinervia Brch.* 0,038 mm lang mit zwei Stockwerken;

Fig. 1b dasselbe Objekt um 90° nach links gedreht: die befruchtete Eizelle hat sich zuerst durch eine zur Archegoniumachse senkrecht gestellte Wand in nahezu zwei gleiche Hälften getheilt; in der oberen Hälfte ist eine schiefe Wand (das erste Segment) aufgetreten, in der untern, basalen Hälfte (dem zukünftigen Fuss des Sporogons) eine Längswand. Die Theilungsebenen der Scheitel- und Basalzelle kreuzen sich unter einem rechten Winkel.

Fig. 2 (400). Embryo von *Andr. petrophila Ehrh.* und

Fig. 3 (400) ein fast gleichaltriger von *Andr. crassinervia Brch.* In der Scheitelzelle sind durch zwei schief nach rechts und links geneigte Wände die ersten zwei Segmente gebildet; eine Radialtheilung in den beiden Segmenten ist noch nicht erfolgt; in der basalen Hälfte des Embryo sieht man ausser der Längswand noch eine quer verlaufende.

Fig. 4a (400). Embryo von *Andr. crass.* mit vier Segmenten (Haupt-);

Fig. 4b dasselbe Objekt um 90° nach links gedreht (Seitenansicht). Die zwei ältesten Segmente haben sich radial getheilt. Im Segmente 1 sieht man ferner eine Längswand, im Segmente 2 eine secundäre Querwand gebildet.

Fig. 5 (400). Bauchtheil eines Archegons von *Andr. petroph.* mit eingeschlossenem Embryo im optischen Längsschnitte. Die Bauchwand des Archegons, zur Zeit der Befruchtung der Eizelle zweischichtig, ist mehrschichtig geworden. Der Embryo liegt der Archegoniumwand nirgends unmittelbar an, sondern ist allseitig von einer hyalinen Schleimmasse (s) umhüllt.

Fig. 6 (400). Frei präparirter Embryo von *Andr. crass.,* 0,1 mm lang mit neun Segmenten. Erst vom dritten Segmente an sieht man eine gewisse Regelmässigkeit in den Theilungen, während in den Segmenten 1 und 2, die wol radial getheilt sind, diese Regelmässigkeit und Raschheit der Theilungen nicht vorkommt; diese beiden werden mit der Basalzelle zur Fussbildung des Sporogons verwendet. Die zu beiden Seiten der Segmentwand stehenden Längswände (a) sind solche, die, mit einer der beiden Hauptwände parallel, an die Mitte der zweiten sich senkrecht ansetzend im schwachen Bogen die Mitte der freien Aussenwand treffen (vergl. Fig. 11, aa). In den Segmenten 3, 4, 5 sind ausserdem secundäre Querwände aufgetreten.

Fig. 7 (95). Archegon mit eingeschlossenem Sporogon von *Andr. petroph.* Ein Theil der Bauchwand des Archegons ist weggelassen, um die Lage des Sporogons in demselben zu veranschaulichen.

Fig. 8 (400). Optischer Längsschnitt eines freipräparirten 0,16 mm langen Embryo mit 13 Segmenten. Der Basaltheil bildet mit seinen wenigen, nach aussen etwas sich vorwölbenden Zellen den Fuss des Sporogons. In der oberen Hälfte des dritten und im vierten Segmente erkennt man bereits die Anlage der sporenbildenden Schicht (spr), die sich durch ihren Reichthum an körnigem und fettreichem Protoplasma sowol von der Wandschicht als der Columella scharf abhebt. Die zu beiden Seiten der Mittellinie (Segmentwände) verlaufenden,

hier wie in allen übrigen Figuren stärker gehaltenen und in den aufeinanderfolgenden Segmenten nahezu in eine Linie zu stehen kommenden Längswände (a) scheiden das Sporogon in einen inneren Theil (Columella + sporenbildende Schicht) und einen peripheren (Wandschicht).

Fig. 9 (400). Optischer Längsschnitt eines Sporogons von *Andr. petroph.* 0,32 mm lang, mit beendetem Spitzenwachsthum; spr Anlage der sporenbildenden Schicht. Die Sporogonwand ist durch Tangentialtheilung zweischichtig geworden.

In den nun folgenden Querschnitten haben die gleichen Buchstaben die gleiche Bedeutung, und zwar: ss = Segmentwand, rr = Radialwände, gq = Grundquadrat, spr = sporenbildende Schicht, cq = Columellaquadrat. Die genetische Altersfolge der Wände ist durch die Buchstaben des Alphabets angedeutet.

Fig. 10 (400). Optischer Querschnitt eines sehr jungen Embryo mit Kreuztheilung: ss die steil abfallende Segmentwand, rr die darauf senkrecht sich ansetzenden Radialwände.

Fig. 11 (400). Optischer Querschnitt eines nächst ältern Segmentes. In jedem Quadranten ist eine zu einer Hauptwand parallele Längswand (aa) aufgetreten (vergl. hiezu Fig. 6, 8, 9, a) und hiedurch derselbe in zwei Zellen, einer mit drei- und einer mit vierseitiger Grundfläche getheilt.

Fig. 12 (400). Querschnitt eines nächst älteren Segmentes. In jeder Zelle mit vierseitiger Grundfläche jedes Quadranten wurde durch das Auftreten einer tangentialen Wand (b) eine Innen- und Aussenzelle abgeschieden; die so gebildeten vier Innenzellen der vier Quadranten bilden zusammen das Grundquadrat (gq) (Kühn); in der dreiseitigen Zelle jedes Quadranten erfolgt ebenfalls eine Längswand (c); es ist somit das Grundquadrat von zwölf peripheren Zellen umschlossen.

Fig. 13 (400). Nächst älterer Querschnitt. Auch in jeder durch die tangentiale Wand (b) abgeschnittenen Aussenzelle ist eine Längswand (d) aufgetreten; das Grundquadrat somit von sechszehn peripheren Zellen umgeben.

Fig. 14 (400). Querschnitt des Sporogons Fig. 9 in der Höhe xy. Nach Auftreten der früher bezeichneten Längswände in den peripheren Zellen wurde jede derselben durch eine tangentiale Wand in zwei Zellen getheilt, hiedurch die Wandschicht des

Sporogons zweischichtig; in der äusseren Wandschicht hat sich die Zellenzahl durch radiale Theilungswände verdoppelt.

Fig. 15 (400). Querschnitt eines nächst ältern Theilungsstadiums. Im Grundquadrat, das durch die oben besprochenen Radial- und Tangentialtheilungen in der Wandschicht mehr und mehr der Kreisform sich nähert, beginnen nun ebenfalls Wände aufzutreten, die den primären Theilungswänden jedes Quadranten analog gerichtet sind, aufeinander senkrecht stehen und hierdurch vom Grundquadrate eine Zellschicht abscheiden, die die erste Anlage der sporenbildenden Schicht darstellt (spr), während die vom Grundquadrate noch übrig bleibenden, zentral gelegenen vier Zellen (cq) das Columellaquadrat, die zukünftige Columella bilden.

Fig. 16 (400). Nächst älterer Querschnitt: die Abscheidung der durch ihren Protoplasmareichthum leicht erkennbaren sporenbildenden Schicht vom Grundquadrate ist vollständig. cq = Columellaquadrat.

Fig. 17 (400). Theil eines Querschnittes eines älteren Sporogons: durch abwechselnd radiale und tangentiale Theilungen ist die Wand des Sporogons bereits zu ihrer definitiven Mächtigkeit herangewachsen; die äusserste Zellschicht derselben, die Epidermis, beginnt bereits ihre Zellen zu verdicken, nur bei x unterbleibt diese Verdickung, dafür theilt sich diese Epidermiszelle nochmals radial und tangential, es ist dies eine jener vier Stellen der Sporogonwand, an welchen das Aufreissen der reifen Kapsel von *Andreaea* erfolgt. Auch die sporenbildende Schicht hat sich durch aufeinander nahezu senkrechte Theilungen in zwei Schichten gespalten. Die der sporenbildenden Schicht zunächst anliegende Zelllage der Wand des Sporogons zeichnet sich ebenfalls durch fettreiches Protoplasma aus (in der Zeichnung nicht ausgeführt) und tritt dadurch schärfer hervor; es ist der äussere Sporensack (asps).

Fig. 18 (220). Theil eines Querschnittes eines halbreifen Sporogons: die isolirten Sporenmutterzellen zeigen durchgehends Viertheilung, einzelne Sporen beginnen sich bereits zu isoliren; die innersten Wandschichten schmelzen zu einem braunen Häutchen zusammen; dasselbe Verhalten zeigen die pheriphersten Schichten der Columella.

Fig. 19a (400). Flächenansicht eines abnorm entwickelten Sporogons von *Andr. petroph.* Die Segmentwände waren deutlich zu erkennen und sind in der Zeichnung stärker gehalten. Zwei links gelegene Segmente der Embryohälfte überwiegen in ihrer Entwicklung bedeutend diejenige der rechten Seite.

Fig. 19b (400). Optischer Querschnitt dieses Sporogons in der Richtung xy. Die Hauptwände treten deutlich hervor, aber nur die linke Hälfte entspricht in ihren weitern Theilungen der Norm.

Tafel II.

Sphagnum.

Fig. 1 (220). Optischer Längsschnitt eines entwickelten aber noch geschlossenen Archegoniums von *Sphagnum acutifolium Ehrh.* mit der Eizelle. Im Bauchtheile ist die Archegonwand mehrschichtig.

Fig. 2 (400). Befruchtete Eizelle freipräparirt, umgeben von einer hyalinen, coagulirten Schleimmasse, deren Umrisse durch die Präparation etwas unscharf geworden sind; an der Eizelle ist noch ein Spermatozoid sichtbar.

Fig. 3 (400). Ein ähnliches Objekt. Die Schleimmasse zeigt ziemlich scharfe Contouren und endet in einen abgerissenen Fortsatz.

Fig. 4 (400). Ein ähnliches Präparat. Die Schleimmasse in einen langen Fortsatz ausgezogen, der in den Hals des Archegons hinaufreicht; mehrere Spermatozoiden sind in der Schleimmasse eingebettet sichtbar. Der Embryo, dessen Spitze in der Höhle dieser Masse steckte, ist bei der Präparation herausgefallen.

Fig. 5 (400). Ein ähnliches Objekt. Der Fortsatz ist an seiner Spitze offenbar infolge der Präparation spiralig aufgerollt, bei x ist eine Querwand noch theilweise erkennbar. Auch hier liegen mehrere Spermatozoiden in der Schleimmasse eingebettet.

Fig. 6 (400). Freipräparirter Embryo mit der ihn zu zwei Drittheilen sackartig umhüllenden Schleimmasse; der Fortsatz derselben zeigt zarte, vorspringende Spitzen q.

Fig. 7 (450). Freipräparirter, zweizelliger Embryo. Die obere Zelle ist inhaltsleer, hyalin und stark gefaltet, die untere, dicht mit Protoplasma erfüllte Zelle zeigt an der Basis bei c eine kallöse Anschwellung der Zellwand.

Fig. 8 (400). Dreizelliger Embryo, 0,094 mm lang. In jeder Zelle ist der zentral gelegene Kern mit Kernkörperchen sichtbar; das den Kern umgebende körnige Protoplasma ist mit dem wandständigen durch Plasmastränge verbunden. In keiner der drei Zellen ist eine weitere Theilung vorhanden.

Fig. 9 (400). Embryo mit vier Stockwerken, 0,12 mm lang. In der untern (basalen) Zelle (b) ist eine schiefe Längswand sichtbar,

Fig. 10 (400). Embryo mit fünf Stockwerken und dem Basilar-Theil (b), in welchem ausser der schiefen Längswand in jeder Hälfte eine Querwand aufgetreten ist. In den Stockwerken 1 bis 3 sind Längswände sichtbar, deren Verlauf durch die Querschnitte erklärt werden soll.

Fig. 11 (400). Ein ähnliches Objekt mit scheinbar anders angeordneten Längstheilungen in den Stockwerken.

Fig. 12 (400). Optischer Querschnitt des Embryo in Fig. 10 in der Höhe des dritten Stockwerkes: die Querscheibe ist durch zwei rechtwinklig sich schneidende Längswände (hh) in vier Quadranten getheilt.

Fig. 13 (400). Optischer Querschnitt durch dasselbe Objekt in der Höhe des ersten Stockwerkes: in jedem Quadranten ist eine Längswand aufgetreten, die mit einer der Hauptwände (hh) parallel verlaufend, ungefähr an die Mitte der andern senkrecht sich ansetzend, in sanftem Bogen die Mitte der freien Aussenwand erreicht (aa).

Fig. 14 (400). Optischer Querschnitt desselben Objektes in der Höhe des zweiten Stockwerkes: ein Quadrant noch ungetheilt, zwei in der früher besprochenen Weise längsgetheilt (aa), im vierten Quadranten ist durch die tangentiale Wand (p) eine Innen- und Aussenzelle gebildet worden.

Fig. 15 (400). Die Querschnitte der beiden Stockwerke 1 und 2 desselben Objektes bei unveränderter Lage desselben nur bei veränderter Einstellung gezeichnet: die ausgezogenen und punktirten Linien sind die Hauptwände (hh) zweier unmittelbar übereinanderliegender Stockwerke, sie schneiden sich unter einem Winkel von 45 ^{0}.

Fig. 16 (400). Optischer Querschnitt des Embryo in Fig. 11 in der Höhe xy. In zwei der Quadranten wurden in den Zellen

mit vierseitiger Grundfläche durch die radiale Längswand (b) je eine Innen- und Aussenzelle gebildet.

Fig. 17 (400). Querschnitt des Embryo in Fig. 6 in der Höhe xy. In allen vier Quadranten sind Innen- und Aussenzellen gebildet; die vier zentralen Innenzellen zusammen bilden die Anlage des „Grundquadrates" (gq); in der peripheren Zellschicht sind theils radiale (c), theils tangentiale Wände (d) aufgetreten.

Fig. 18 (220). Oberflächenansicht eines Embryo.

Fig. 19 (170). Dasselbe Objekt im optischen Längsschnitt gesehen. Das Spitzenwachsthum ist abgeschlossen; die halbkugelige Endzelle hat sich ebenfalls über's Kreuz getheilt; in den tiefern Stockwerken erfolgte nicht nur die Abscheidung von Innen- und Aussenzellen, es sind auch intercalare Theilungen aufgetreten.

Fig. 20 (400). Querschnitt desselben Objektes in der Höhe xy.

Fig. 21 (350). Optischer Längsschnitt eines Embryo, in dessen sämmtlichen Stockwerken die Differenzirung in Innen- und Aussenzellen erfolgt ist, auch zeigen die meisten derselben intercalare Quertheilung.

Fig. 22 (400). Querschnitt desselben Objektes in Höhe xy.

Fig. 23 (350). Optischer Längsschnitt eines Embryo, dessen Basal-Theil (b), sowie die zwei ersten Stockwerke durch papillöses Auswachsen ihrer Zellen in die Fussbildung übergehen; in der Wandschicht wie in der Columella beginnt die weitere Differenzirung.

Fig. 24 (400). Querschnitt desselben Objektes in der Höhe xy.

Fig. 25. Embryo nach einem Modelle körperlich dargestellt, ungefähr im Alter von dem in Fig. 10. Die vordere Wand des Embryo ist weggelassen um den Bau der Stockwerke zu sehen. b = Basal-Theil des Embryo, 1 bis 4 die durch Spitzenwachsthum mittelst Querscheiben gebildeten Stockwerke, s die Scheitelzelle.

Tafel III.

Sphagnum.

Fig. 26 (220). Optischer Längsschnitt eines Archegons mit eingeschlossenem Embryo, dessen Scheitel von der in der Zeichnung licht gehaltenen Schleimmasse (s) bedeckt ist. Im Fusse des Archegons zeigt sich lebhafte Zellvermehrung.

Fig. 27 (350). Optischer Längsschnitt eines Embryo von 0,223 mm Länge. Die ganze Wandschicht hat sich einmal längs gespalten, ist zweischichtig geworden; auch im Grundquadrate wechseln Längs- mit Quertheilungen ab.

Fig. 28 (400). Querschnitt desselben Objektes in der Höhe xy.

Fig. 29 (400). Querschnitt durch ein tiefer gelegenes Stockwerk desselben Objektes. Die alphabetischen Buchstaben bezeichnen die Altersfolge der Theilungswände. Die dem Grundquadrate zunächst anliegende Wandschicht ist noch ungetheilt, sie ist die Anlage der sporenbildenden Schicht (spr).

Fig. 30 (400). Theil eines optischen Längsschnittes: gq = c Grundquadrat = Columella, spr sporenbildende Schicht, die Sporogonwand ist zweischichtig.

Fig. 31 (400). Querschnitt desselben Objektes in der Höhe xy. Die sporenbildende Schicht (spr) ist durch ihren Reichthum an körnigem Inhalt mit Sicherheit zu erkennen.

Fig. 32 (170). Medianer Längsschnitt eines Sporogons mit deutlich erkennbarer, glockenförmiger Sporenschicht; die derselben anliegende Wandschicht hat sich gespalten.

Fig. 33 (350). Querschnitt eines gleichaltrigen Embryo. Bezüglich der Altersfolge der Theilungen in den Quadranten vergleiche man Fig. 29.

Fig. 34 (170). Theil eines Längsschnittes durch die Spitze des Sporogons; auch die periphere Wandschicht hat sich gespalten.

Fig. 35 (170). Theil eines Längsschnittes. Die Sporogonwand ist fünfschichtig geworden.

Fig. 36 (170). Theil eines Querschnittes. Die der sporenbildenden Schicht zunächst anliegende Wandschicht hat, durch tangentiale Wände sich spaltend, eine kleinzellige Schicht abgeschieden, den äussern Sporensack (asps).

Fig. 37 (95). Medianer Längsschnitt durch ein junges Sporogon mit Calyptra. Der Spitze des Sporogons aufliegend und in den Archegonhals hineinragend die hyaline Schleimmasse (s).

Fig. 38 (170). Theil eines Längsschnittes eines etwas älteren Sporogons. Die Sporogonwand ist ihrer Schichtenzahl nach fertig gebildet; von der peripheren Zelllage der Columella hat sich ebenfalls eine kleinzellige Schicht abgespalten, der innere Sporensack (ispr).

Tafel IV.

Sphagnum.

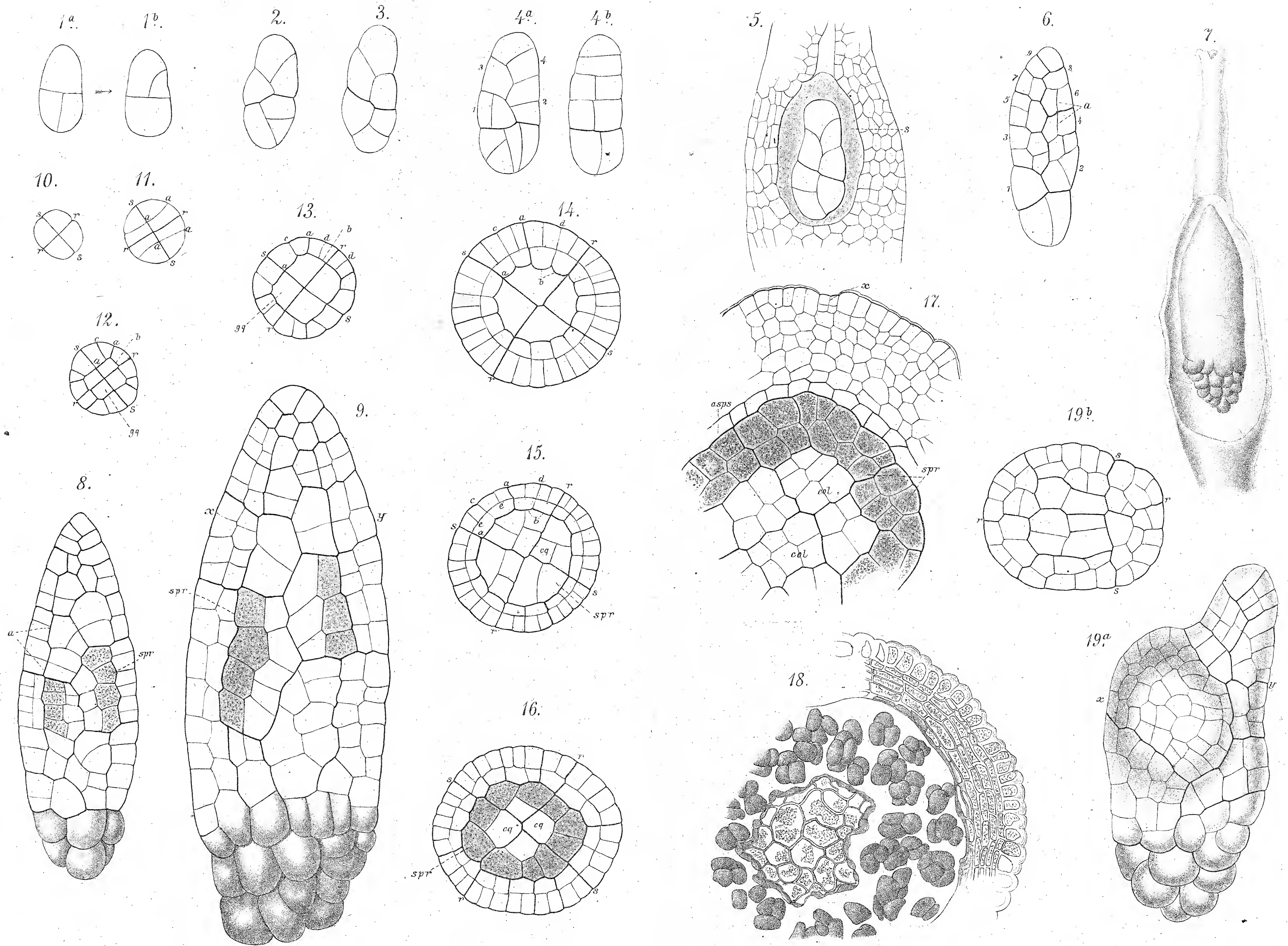
Fig. 39 (400). Unteres Randstück der glockenförmigen Sporenschicht mit vierschichtiger Anlage der Sporenmutterzellen (spmz) und umgebendem kleinzelligen Sporensacke (sps).

Fig. 40 (400). Stück der Epidermis der Kapselwand von der Fläche mit der Anlage einer Spaltöffnung (sp).

Fig. 41 (400). Stück der Kapselwand im Querschnitte gesehen mit der Anlage zweier Spaltöffnungen (sp).

Fig. 42 (25). Medianer Längschnitt durch ein halbreifes Sporogon von *Sphagnum acutifolium.* Die zarte, nur aus einer Zellschicht bestehende Calyptra (cal) mit dem Archegonhalse an der Spitze noch erhalten. Im glockenförmigen Sporenraume (spr) sind die Sporenmutterzellen bereits isolirt; sps der kleinzellige Sporensack, epi Epidermis der Kapselwand, ei Furche in der Kapselwand, wo das Abwerfen des Deckels erfolgt. Ps das bereits sich zu strecken beginnende Pseudopodium.

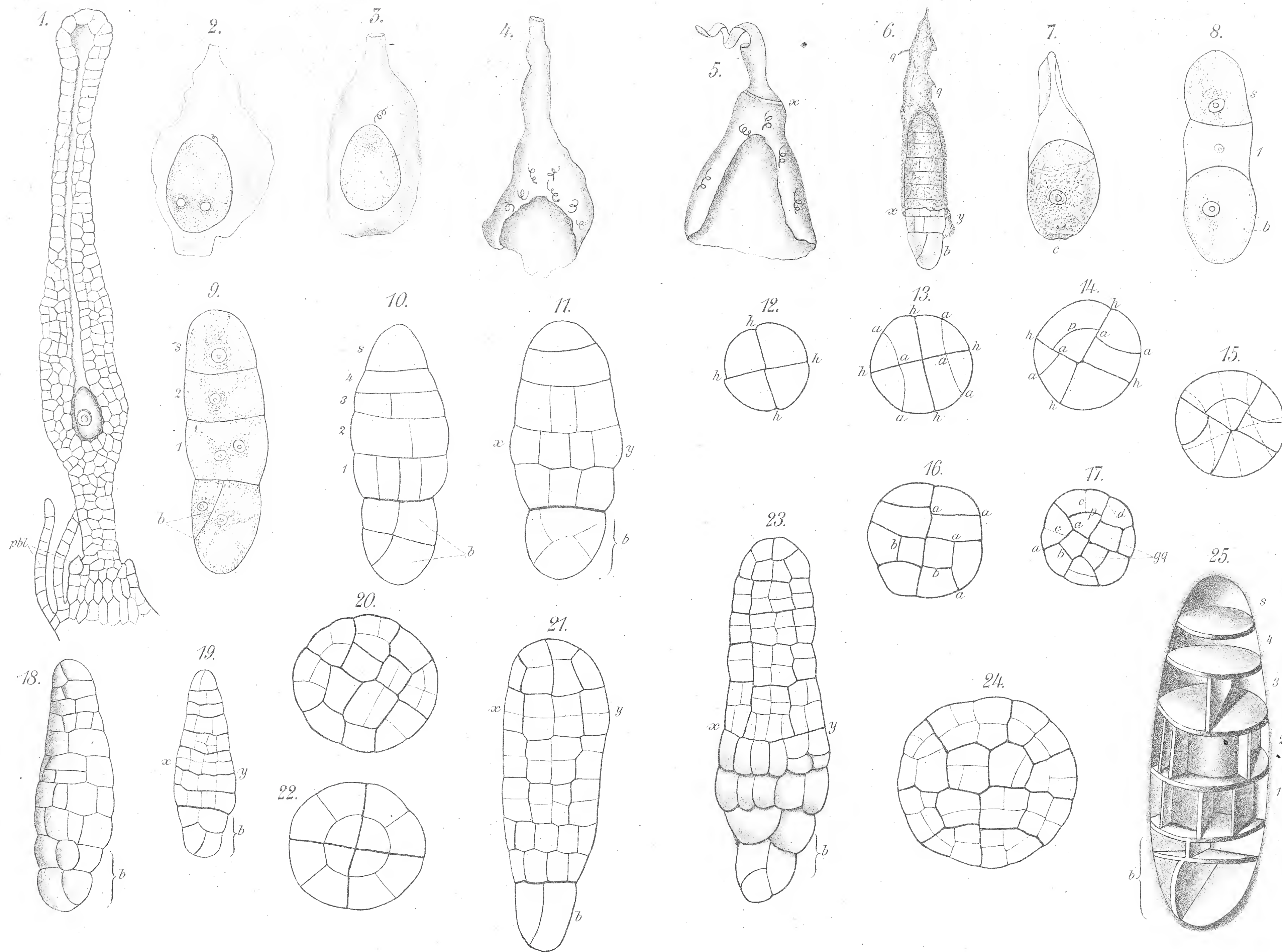
Fig. 43 (400). Stück der Kapselwand (kw) mit der rinnenförmigen Einschnürung (ei); die isolirten Sporenmutterzellen zeigen zum Theil Tetraëdertheilung.



Autor ad nat. del.

Lith. Anst. v. E.A. Funke, Leipzig.

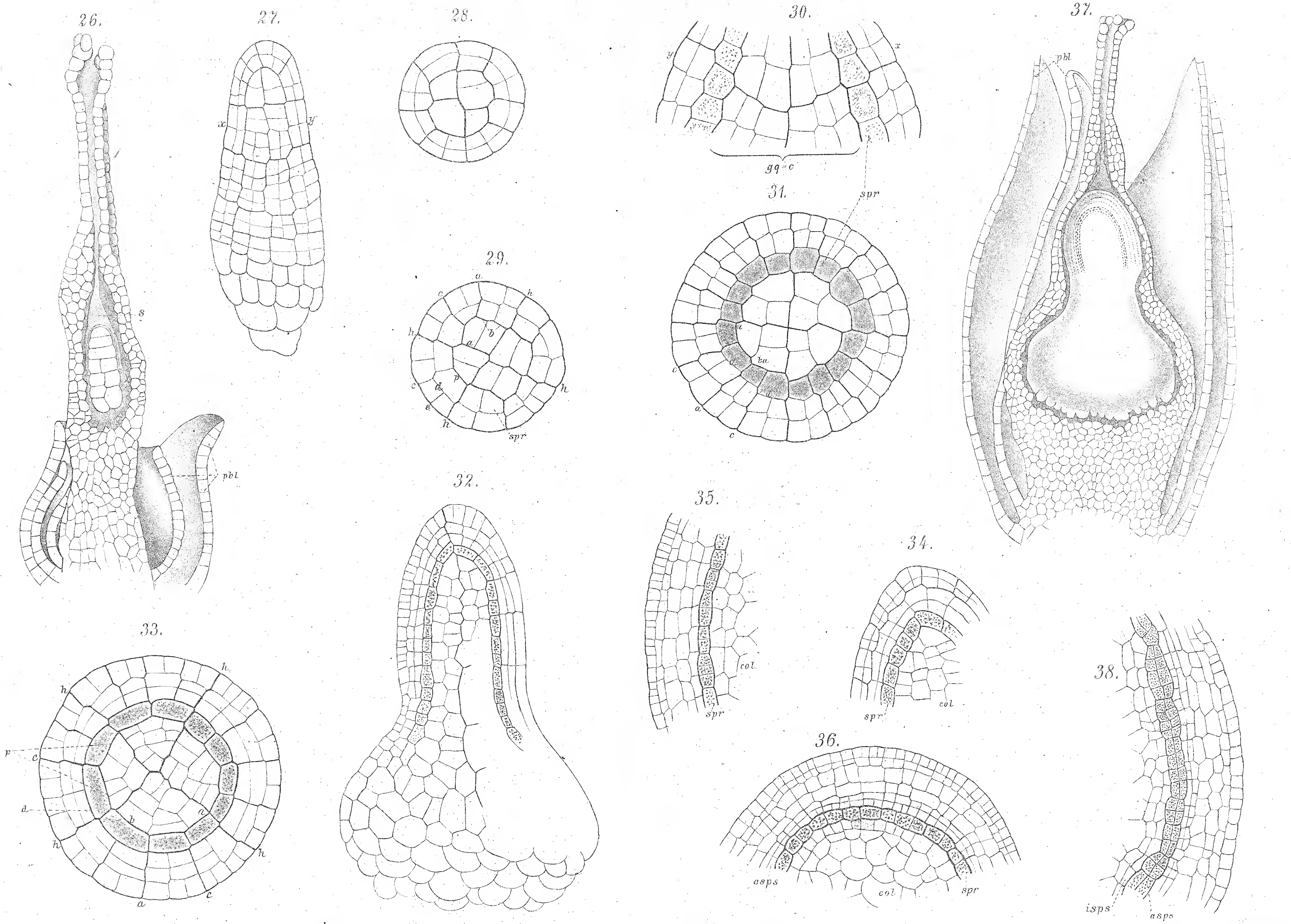
Andreaea.



Autor ad nat. del.

Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig.

Sphagnum.

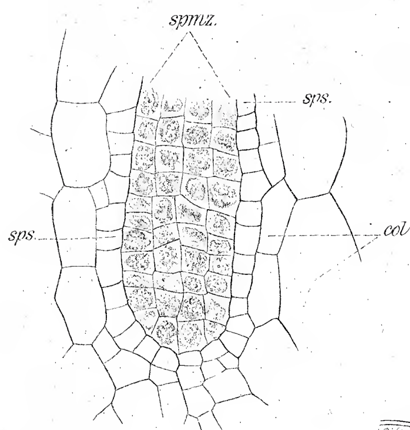


Autor ad nat del.

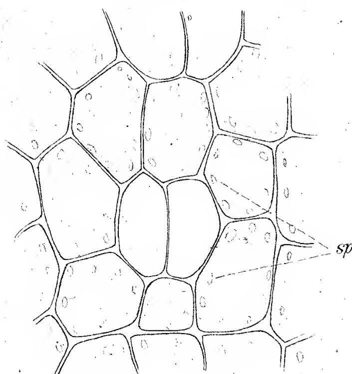
Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig.

Sphagnum.

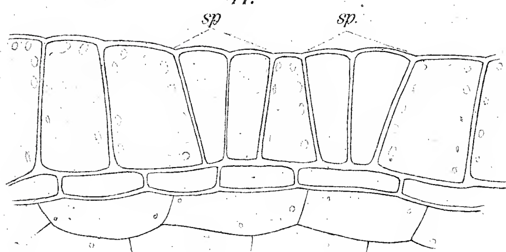
39.



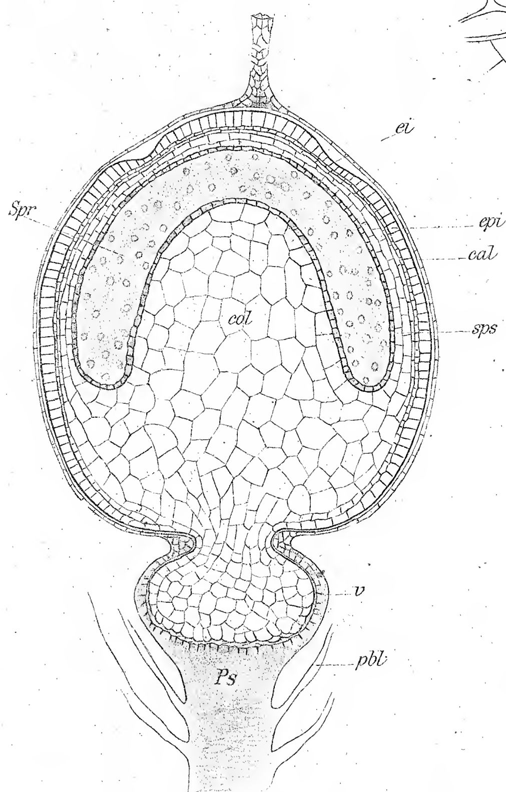
40.



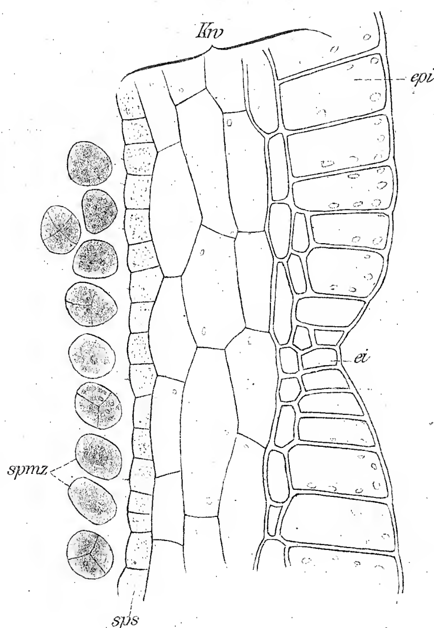
41.



42.



43.



Autor ad nat. del.

Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig.

Sphagnum.